

2002P14928



B13

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 199 28 189 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
**H 01 L 41/047**  
H 01 L 41/083  
H 01 L 41/09  
H 02 N 2/00

⑯ Aktenzeichen: 199 28 189.0  
⑯ Anmeldetag: 19. 6. 1999  
⑯ Offenlegungstag: 19. 4. 2001

⑯ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:  
Heinz, Rudolf, Dr., 71272 Renningen, DE

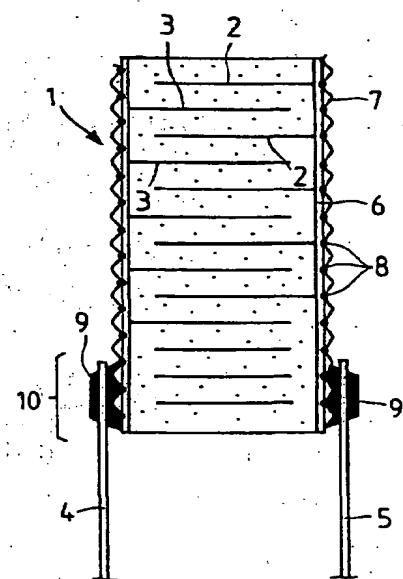
⑯ Entgegenhaltungen:  
DE 197 15 488 C1  
DE 33 30 538 A1  
EP 08 44 678 A1  
JP 08-2 50 777 A  
JP 07-2 26 541 A  
JP 04-1 67 579 A

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Piezoaktor

⑯ Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, der einen Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordnete Innenelektroden (2, 3) aufweist. Eine erste Außenelektrode (6) ist als eine leitende Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht, die mit den jeweiligen Innenelektroden (2, 3) kontaktiert ist. Eine elastische Kontaktierung zur Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt über Anschlüsse (4, 5; 15) an eine zweite netz- oder gewebeartige Außenelektrode (7), die auf der ersten (6) angeordnet ist. Die zweite Außenelektrode ist zumindest punktweise mit der ersten (6) kontaktiert und weist ebenfalls im Bereich der Kontaktfläche oder -punkte (8; 14; 17) dehbare Bereiche auf.



DE 199 28 189 A 1

DE 199 28 189 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des so genannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen (Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden.

Solche Piezoaktoren können beispielsweise für den Antrieb von Schaltventilen bei Kraftstoffeinspritzsystemen in Kraftfahrzeugen vorgesehen werden. Beim Betrieb des Piezoaktors ist hier insbesondere darauf zu achten, dass durch mechanische Spannungen im Lagenaufbau auch keine störenden Rissbildungen im Bereich der äußeren Anschluss-elektroden entstehen. Da die jeweils an einer Seite kontaktierten Innenelektroden kammartig in den Lagenaufbau integriert sind, müssen die in Richtung des Lagenaufbaus aufeinanderfolgenden Elektroden jeweils abwechseln an gegenüberliegenden Seiten kontaktiert werden. Bei einer Betätigung des Piezoaktors, d. h. bei Anlage einer Spannung zwischen den im Lagenaufbau gegenüberliegenden Innenelektroden treten unterschiedliche mechanische Kräfte im Bereich der Innenelektroden sowie im Bereich der Kontaktierungen an den Außenelektroden auf, die zu mechanischen Spannungen und dadurch zu Rissen in den Außenelektroden führen können.

## Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, ist in vorteilhafter Weise mit dadurch weitergebildet, dass mindestens eine Schicht der jeweilige Außenelektrode netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebaut und zumindest punktweise mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist. Zwischen den Kontaktierungen liegt hierbei jeweils ein dehnbarer Bereich und die Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt über Anschlüsse, die ebenfalls im Bereich der Kontaktfläche oder zwischen den Kontaktierungspunkten dehnbare Bereiche aufweisen.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist als eine erste Schicht der Außenelektrode beispielsweise eine Metallfläche auf jeweils einer Seitenfläche angeordnet, die mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist. Die netz- oder gewebeartige Schicht als zweite Außenelektrode ist dann über der ersten Schicht angeordnet, wobei diese zumindest punktweise mit der ersten Schicht kontaktiert ist und wobei hier ebenfalls zwischen den Kontaktierungen ein dehnbarer Bereich zu liegen kommt. Die Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt dann auch hier über Anschlüsse an der zweiten Außenelektrode, die ebenfalls im Bereich der Kontaktfläche oder zwischen den Kontaktpunkten dehnbare Bereiche aufweisen.

Die netz- oder gewebeartige Außenelektroden dienen zur Vermeidung von Querrissen, die von den Innenelektroden

durch Delamination, wie eingangs erwähnt, auftreten können. Die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden können dabei in vorteilhafter Weise nur punktuell angelötet sein, damit keine großen Schuhspannungen bei der Dehnung des

5 Piezoaktors in den Außenelektroden entstehen, was das Abreißen der Elektroden zur Folge haben kann.

Bei einer weitergebildeten Ausführungsform können die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen Lötkontakt erfolgen, der an einem Bereich des Lagenaufbaus des 10 Piezoaktors angeordnet ist, der dadurch, dass die Innenelektroden nicht bis an den Rand des Piezoaktors geführt sind, keine aktive Längsdehnung aufweist.

Bei einer anderen Ausführungsform können die Anschlüsse für die elektrische Spannung in vorteilhafter Weise 15 über einen Löt-, Schweiß- oder Crimpkontakt erfolgen, der sich an einem Falzbereich der netz- oder gewebeartigen Außenelektrode befindet. Möglich ist hierbei, dass die Anschlüsse über einen flachen Draht erfolgen, der innen im Falzbereich angeordnet ist.

20 Weiterhin ist es möglich, dass die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen Draht erfolgen, der linienförmig an dem sich über die ganze Länge des Piezoaktors erstreckenden Falzbereich angeordnet ist oder auch über einen seitlich oder senkrecht gewellten Draht und einen Löt-, 25 Schweiß- oder Crimpkontakt erfolgen, der sich punktweise an der gewebeartigen Außenelektrode befindet.

Ferner können die Anschlüsse für die elektrische Spannung jeweils auch über eine Kämmelektrode und einen Löt- oder Schweißkontakt erfolgen, der sich punktweise an den 30 vorzugsweise elastischen Kämmen und der zweiten Außen-elektrode befindet.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbil-dungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen 35 auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Aus-führungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten ver-wirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz bean-sprucht wird.

## Zeichnung

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Piezoak-tors werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus Pizokeramik und Innenelektroden sowie einer netzartigen Außenelektrode auf einer ersten flächigen Außenelektrode;

Fig. 2 eine Draufsicht auf die netzartige Außenelektrode nach der Fig. 1 mit den Anschlässen für eine elektrische Spannung;

Fig. 3 einen Detailschnitt durch den Lagenaufbau im Bereich der elektrischen Anschlüsse;

Fig. 4 eine Abwandlung des Beispiels nach der Fig. 3 mit auf dem Falzbereich liegenden elektrischen Anschlässen;

Fig. 5 eine Abwandlung des Beispiels nach der Fig. 4 mit einem in den Falzbereich gelegten Anschlussdraht;

Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel bei dem die netzartige Außenelektrode durch Bügelloren mit der ersten Außenelek-trode verbunden wird;

Fig. 7 ein Ausführungsbeispiel bei dem die netzartige Außenelektrode durch Crimpen mit dem Anschlussdraht ver-bunden wird;

Fig. 8 ein Ausführungsbeispiel bei dem die netzartige Außenelektrode auf der gesamten Länge des Piezoaktors durch Bügelloren oder Crimpen an einem Falzbereich mit dem Anschlussdraht verbunden wird;

**Fig. 9, 10 und 11** jeweils Ansichten eines gewellten Anschlussdrähtes für die elektrischen Anschlüsse und

**Fig. 12 und 13** zwei Ansichten eines kammartigen elektrischen Anschlussdrähtes.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In **Fig. 1** ist ein Piezoaktor **1** gezeigt, der in an sich bekannter Weise aus Piezofolien eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Innenelektroden **2** und **3** über elektrische Anschlüsse **4** und **5** eine mechanische Reaktion des Piezoaktors **1** erfolgt. Aus **Fig. 2** ist eine Seitenansicht dieser Anordnung und aus **Fig. 3** ist ein Schnitt im Bereich der Anschlussdrähte **4** und **5** zu entnehmen.

Mit den Innenelektroden **2** und **3** steht eine erste flächige Außenelektrode **6** in Kontakt, die wiederum mit einer zweiten netzartigen Außenelektrode **7** über Punktkontakte **8**, beispielsweise durch Löten oder Schweißen, kontaktiert ist. Die erste Außenelektrode **6** kann eine dünne, z. B. einige µm dicke, Schicht aus Ni, Ni + Cu oder Ni + PbSn sein, die direkt auf der Oberfläche des Piezoaktors **1** haftet. Die Anschlussdrähte **4** und **5** sind mit der netzartigen Außenelektrode **7** an einer Kontaktstelle **9** durch Löten oder Schweißen verbunden. Zur Vermeidung des Abreißens der Lötstelle **9** ist im Piezoaktor **1** nach der **Fig. 1** eine passiver Fußbereich **10** vorgesehen, bei dem die Innenelektroden **2** und **3** nicht bis zu den Außenelektroden **6** und **7** geführt sind und daher keine mechanischen Reaktionen aufgrund des Piezoeffekts auftreten. Die in der Beschreibungseinleitung erwähnten Nachteile durch eine ev. Rissbildung sind dadurch in dem Fußbereich **10** vermieden.

Aus **Fig. 4** ist ein Ausführungsbeispiel zu entnehmen, bei dem ein Bereich der Außenelektrode **7** zur Befestigung des Anschlussdrähtes **4** oder **5** gefalzt ist und dadurch eine Versteifung an der Lötstelle **9** und damit eine Rissbildung vermieden ist. Man erhält somit über eine Höhe **h** einen elastischen Falzbereich **11** in dem der Piezoaktor **1** sich dehnen kann ohne dass der versteifende Anschlussdraht **4** oder **5** diese behindert. Vorteilhaft wäre hier insbesondere das Anschweißen des Anschlussdrähtes **4** oder **5**, da somit kein Lot über die Strecke **h** fließen kann, was andernfalls zu einer Versteifung führen könnte. Ein passiver Fußbereich, wie anhand der **Fig. 1** bis **3** vorgesehen, kann hier entfallen.

Bei der in **Fig. 5** gezeigten Abwandlung der Ausführungsform nach der **Fig. 4** ist der jeweilige Anschlussdraht **4** oder **5** im Inneren des Falzbereichs **11** angeschweißt.

Nach dem Ausführungsbeispiel aus **Fig. 6** ist ein flacher, innen angeschweißter Anschlussdraht **4** oder **5** vorgesehen, der es durch seine geringe Breite ermöglicht, mit Heizplatten **12** ein Bügellöten der netzartigen Außenelektrode auf der ersten Außenelektrode durchzuführen.

Aus **Fig. 7** ist eine Ausführungsform zu entnehmen, bei der der jeweilige Anschlussdraht **4** oder **5** eine über den Falzbereich **11** gelegte gecrimpte Schiene **13** ist.

**Fig. 8** zeigt eine Abwandlung der Befestigung der Anschlussdrähte **4** und **5**, bei der ein durchgehender Draht über die gesamte Länge des Piezoaktors **1** geführt ist. Bei einem lokalen Löten oder Schweißen an der Falzstelle **11** ist das Auftreten von Ermüdungsrissen zwischen den Drähten **4** oder **5** und der jeweiligen Außenelektrode **7** auch hier verminder.

Beim Ausführungsbeispiel nach **Fig. 9** und **Fig. 10** sind die Anschlussdrähte **4** und **5** gewellt, so dass hierdurch eine Dehnbehinderung der Außenlektrode **7** verringert ist. Die Drähte **4** und **5** werden in Längsrichtung des Piezoaktors **1** an mehreren, kleinen Stellen **14** angeschweißt oder angelö-

tet. Die Drähte **4** und **5** sind nach der **Fig. 9** und **10** senkrecht zur Ebene der Außenlektrode **7** gewellt, so dass hier auch das anhand der **Fig. 6** erwähnte Bügellöten zur Anlöting der netzartigen Außenlektrode **7** an den Piezoaktor **1** bzw. an **5** die erste flächige Außenlektrode **6** ohne große Behinderung möglich ist. Der vorher an die Außenlektrode **7** angegeschweißte Draht **4** oder **5** kann als Halterung und zur Zentrierung beim Bügellöten herangezogen werden.

Einen flach auf die netzartige Außenlektrode **7** aufgelöten oder aufgeschweißten gewellten Anschlussdraht **4** oder **5** zeigt **Fig. 11**. Hier ist auch eine punktweise Kontaktierung an Stellen **14** vorgenommen, wodurch die Dehnfähigkeit der Außenlektrode **7** nicht behindert wird. Das Bügellöten der Außenlektrode kann auch hier durchgeführt werden, am einfachsten wenn der jeweilige Anschlussdraht **4** oder **5** erst danach aufgebracht wird.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel zeigt **Fig. 12** und **13**, bei dem jeweils eine Sonderform eines Anschlussdrähtes **15** angebracht wird, bei dem elastische Füße **16** vorhanden sind, die sich kammartig zu Kontaktstellen **17** erstrecken, an denen sie an die jeweilige Außenlektrode **7** angelötet oder angeschweißt werden.

### Patentansprüche

#### 1. Piezoaktor, mit

- einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (**2**, **3**),
- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (**2**, **3**) über Außenlektroden (**6**, **7**), über die eine elektrische Spannung zuführbar ist, wobei
- eine Außenlektrode (**7**) netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebracht ist und zumindest punktweise mit den jeweiligen Innenelektroden (**2**, **3**) kontaktiert ist und zwischen den Kontaktierungen ein dehnbarer Bereich zu liegen kommt und wobei
- die Zuführung der elektrischen Spannung über Anschlüsse (**4**, **5**; **13**; **15**) erfolgt, die ebenfalls zwischen den Bereichen der Kontaktfläche oder -punkte (**8**; **14**; **17**) dehbare Bereiche aufweisen und/oder die an elastischen Falzbereichen (**11**) liegen.

#### 2. Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- als eine erste Außenlektrode (**6**) eine leitende Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht ist, die mit den jeweiligen Innenelektroden (**2**, **3**) kontaktiert ist und die zweite netz- oder gewebeartige Außenlektrode (**7**) auf der ersten (**6**) angeordnet ist, wobei die zweite Außenlektrode zumindest punktweise mit der ersten (**6**) kontaktiert ist und wobei zwischen den Kontaktierungen (**8**; **14**; **17**) der dehbare Bereich zu liegen kommt.

#### 3. Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse (**4**, **5**) für die elektrische Spannung über einen Lötkontakt (**9**) erfolgen, der an einem Bereich (**10**) des Lagenaufbaus des Piezoaktors (**1**) angeordnet ist, der dadurch, dass die Innenelektroden (**2**, **3**) nicht bis an den Rand des Piezoaktors (**1**) geführt sind, nahezu keine Längsdehnung aufweist.

#### 4. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse (**4**, **5**; **13**) für die elektrische Spannung über einen Löt-, Schweiß- oder Crimp-

kontakt erfolgen, der sich an dem Falzbereich (11) der zweiten Außenelektrode (7) befindet.

5

5. Piezoaktor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen flachen Draht (4, 5) erfolgen, der innen im Falzbereich (11) angeordnet ist.

6. Piezoaktor nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen Draht (4, 5) erfolgen, der sich über einen, über die ganze Länge des Piezoaktors (1) erstreckenden Falzbereich (11) erstreckt.

10

7. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse für die elektrische Spannung jeweils über einen seitlich oder senkrecht gewellten Draht (4, 5) und einen Löt-, Schweiß- oder Crimpkontakt (14) erfolgen, der punktweise an der zweiten Außenelektrode (7) angeordnet ist.

15

20

8. Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse für die elektrische Spannung jeweils über einen kammartigen Draht (15) und einen Löt- oder Schweißkontakt (17) erfolgen, der sich jeweils an den elastischen Kämmen (16) und der zweiten Außenelektrode (7) befindet.

### Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

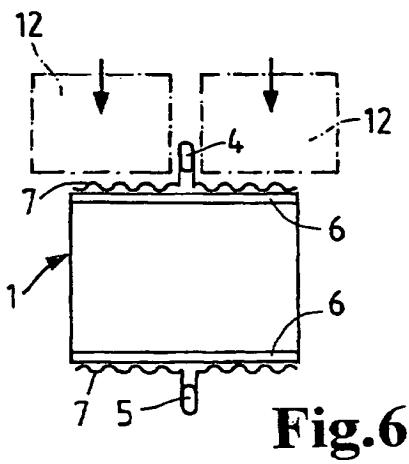
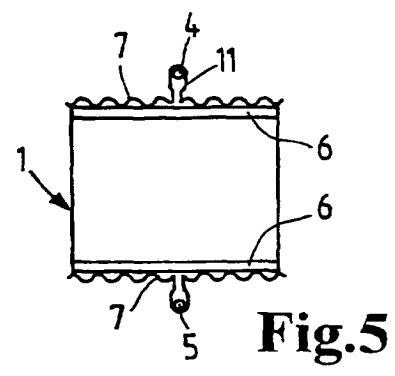
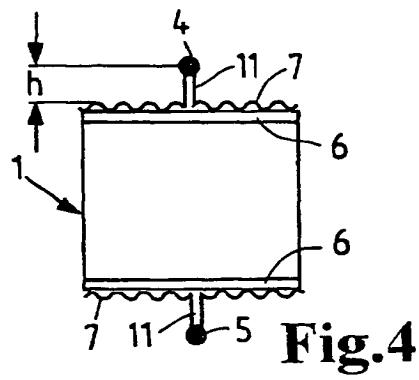
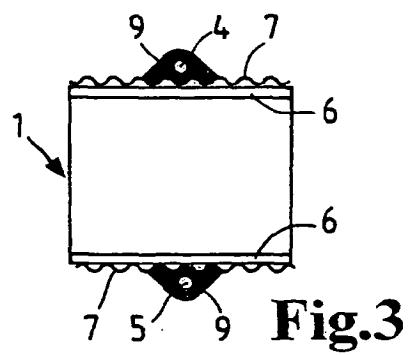
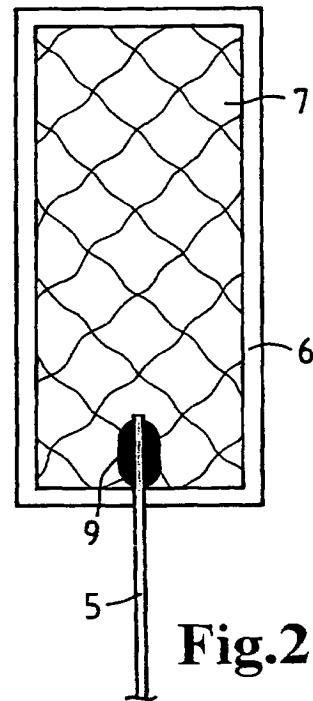
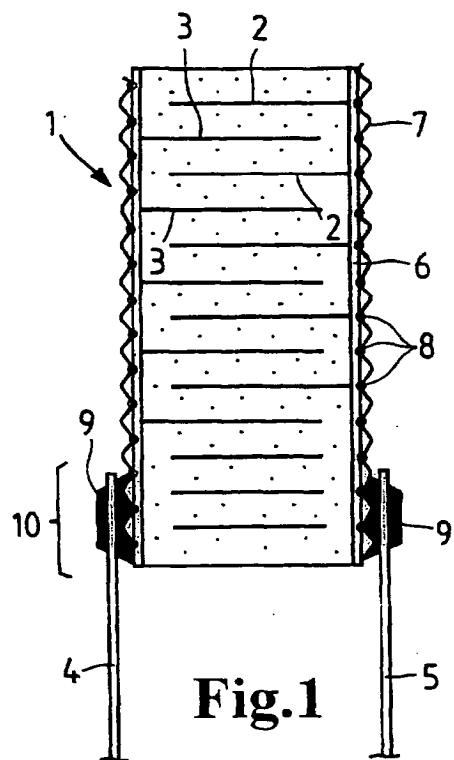
50

55

60

65

**- Leerseite -**



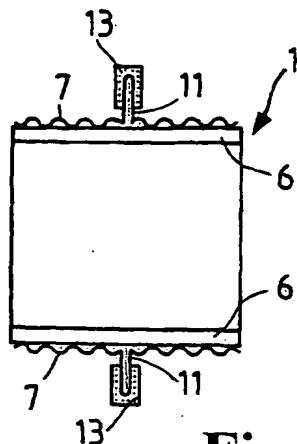


Fig. 7

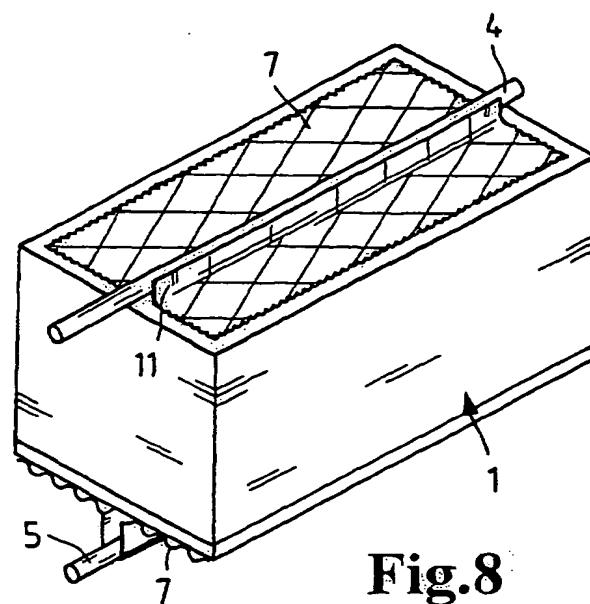


Fig. 8

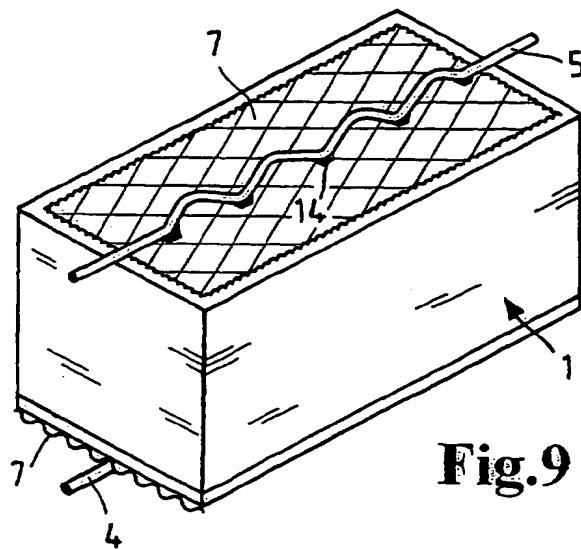


Fig. 9

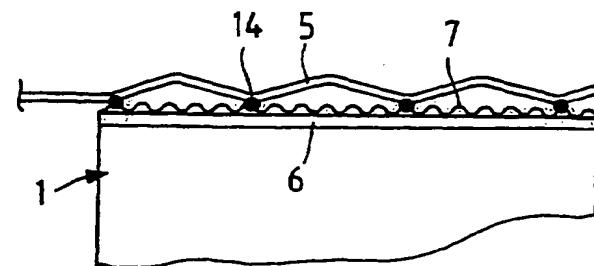
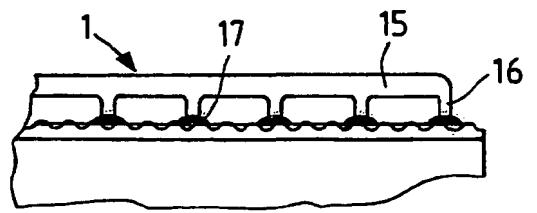
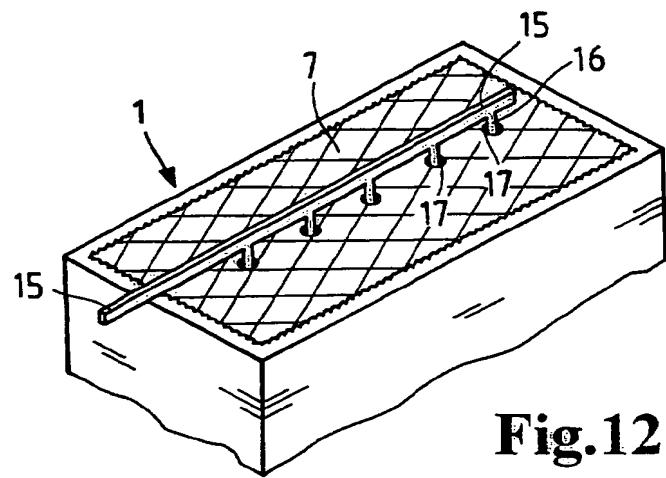
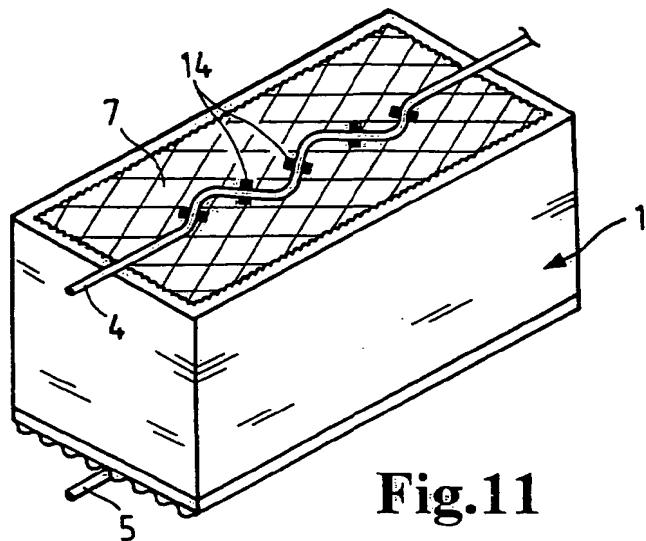


Fig. 10



## Piezoelectric actuator with improved electrode connections

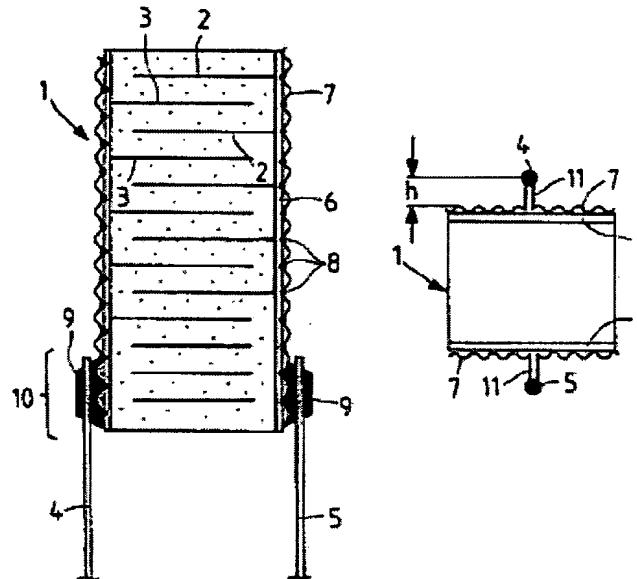
**Patent number:** DE19928189  
**Publication date:** 2001-04-19  
**Inventor:** HEINZ RUDOLF [DE]  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT [DE]  
**Classification:**  
 - **International:** H01L41/047; H01L41/083; H01L41/09; H02N2/00  
 - **European:** H01L41/047; H01L41/083  
**Application number:** DE19991028189 19990619  
**Priority number(s):** DE19991028189 19990619

**Also published as:**

WO0079607 (A1)  
 EP1110249 (A1)  
 US6411018 (B1)

### Abstract of DE19928189

The invention relates to a piezoelectric actuator, for example for actuating a mechanical component. The inventive piezoelectric actuator comprises a multi-layer structure of piezoelectric layers and inner electrodes (2, 3) that are interposed between said layers. A first outer electrode (6) is mounted on each lateral face that is connected to the respective inner electrodes (2, 3) and represents a conductive surface. An elastic contact which supplies an electric voltage is connected to a second mesh- or tissue-type outer electrode (7) via connections (4, 5, 15). Said outer electrode is located on the first outer electrode (6). The second outer electrode contact is connected at least in some points to the first outer contact (6) and is provided with elastic sections in the area of the contact surfaces or points (8; 14; 17). The connections are connected to one another either by a soldering contact (9) on an inactive zone (10) of the piezoelectric actuator or via a contact to elastic folded sections (11) or by point contacts (14, 17) by means of an undulated or comb-shaped wire (15).



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

DOCKET NO: S3-02 P14,928  
SERIAL NO: PCT/DE 03/02730  
APPLICANT: Willibald Schürz et al.  
LERNER AND BERG P.A.  
P.O. BOX 2480  
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
TEL. (954) 925-1100